

# **СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПРУТКОВ И ПРОВОЛОКИ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ СТРУЖКИ МЕДИ С ДОБАВКАМИ ГРАФИТА**

**Сапарова А.С., Аникина В.И.**

Руководитель – доцент, зав. каф. ОМД, канд. техн. наук, Загиров Н.Н..

*ИЦМиМ СФУ, г. Красноярск*

*jiffy@inbox.ru*

Ресурсосберегающие технологии переработки вторичного сырья цветных металлов являются актуальной проблемой нашего времени. В данной работе изучали структурообразование прутков и проволоки, полученные из стружки методами обработки давлением.

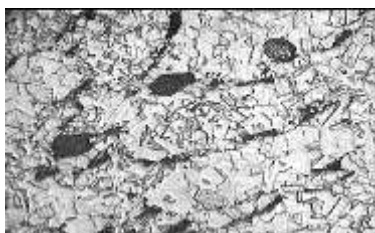
Ранее проведённые работы [1] показали, что применение горячей экструзии для получения прутков из стружки может дать положительные результаты. Одним из эффективных способов обработки давлением малопластичных или фрагментированных материалов, таких как порошки, стружки, гранулы и т.п. является горячее прессование [2]. Это связано с тем, что в очаге деформации реализуется особое напряжённое состояние – всестороннее неравномерное сжатие, при котором маловероятно возникновение внутренних дефектов, а также их объединение, т.е. «заваривание» ранее существовавших несплошностей, которые получают за счёт возникновения очагов схватывания между фрагментами стружек [1,2].

Для изготовления полуфабрикатов использовали стружку в виде опилок, образующихся при распиловке прессованных прутков из меди марок М2, М3. Добавкой служил чешуйчатый графит, вводимый в определённом количестве в медную основу для получения особых свойств материала.

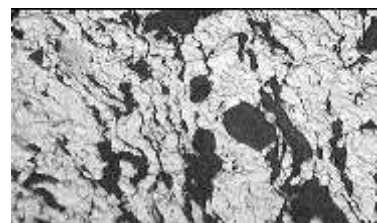
Изучения микроструктуры проводили на микроскопе Observer.Dt1m, механические характеристики определяли при испытании на разрыв на универсальной разрывной машине LFM 20 kN.

Полученные заготовки нагревали до температуры 900-950 °С, выдерживали 45 минут и переносили к прессу усилием 1 МН, в котором осуществлялась горячая экструзия. Коэффициент вытяжки при этом составлял  $\mu=32$ .

Выяснили, что прессовки с содержанием графита 5% и более не возможно экструдировать. Внешне это проявлялось в том, что материал через матрицу не выдавливался, а высыпался отдельными фрагментами. Максимальное содержание графита, при котором удалось добиться устойчивого протекания процесса экструзии, составило 3%. На рисунке 1 приведены микроструктуры образцов, вырезанные из экструдированных прутков, изготовленных из стружки меди, с разным содержанием графита.



*a*



*б*

Рисунок 1 – Микроструктура прутка  $d=8$  мм с содержанием графита 1% - *a* и 3% – *б*,  $\times 160$

Увеличение содержания графита приводило к его скоплению в виде крупных сегрегаций, что сказывалось на разупрочнении пресс-изделий. Сравнивая структуры прутков *a* и *б* на рисунке 1 видно, что содержание вводимого графита отражается на степени рекристаллизации меди: при меньшем содержании графита степень рекристаллизации наибольшая, что определяется большим количеством двойников рекристаллизации (рис. 1*a*).

Результаты экспериментов по сжатию цилиндрических образцов, вырезанных из отпрессованных прутков диаметром 8 мм, на плоских полированных бойках показали, что на изменение прочностных характеристик содержание графита, которое использовали в работе, сказывается незначительно, хотя есть тенденция к снижению прочности пресс-изделий с увеличением количества графита. Характеристики пластичности реагируют на содержание графита более чувствительно. Если для прутка, изготовленного из чистой медной стружки, показатель пластичности  $\lambda_p$  превышает величину степени деформации  $\lambda=2,00$ , для прутка с 1% графита он равен  $\lambda_p=0,74$ , то при 3% графита он составляет лишь  $\lambda_p=0,12$ . Таким образом, повышение содержания графита с 1% до 3% ухудшает пластичность материала почти в шесть раз. Для оптимального сочетания пластических и прочностных характеристик рассматриваемого материала количество графита в медной стружке должно быть не более 1%.

После установления состава медно-графитовой композиции, используемой для получения пресс-изделий, изучали влияние коэффициента вытяжки при экструзии на характер происходящих в материале структурных изменений и, соответственно, изменение механических характеристик пресс-изделий. Для анализа использовали прессовки, полученные компактированием стружковой композиции с содержанием графита 1% (по массе). Из контейнера сечением 45мм были получены прутки диаметрами 6мм (коэффициент вытяжки  $\mu=56$ ), 8мм ( $\mu=32$ ), 12мм ( $\mu=14$ ) и 18мм ( $\mu=6$ ). Во всех случаях внешних дефектов на пресс-изделиях не наблюдали, что свидетельствовало об устойчивом характере течения материала при выдавливании.

Из прутков диаметром 8 мм получили методом волочения проволоку диаметром 5, 4, 3 и 2 мм. Микроструктура холоднодеформированной проволоки из меди с добавкой графита в количестве 1% представлена на рисунке 2. Анализ микроструктур показал, что графит равномерно распределяется в медной матрице в виде включений небольших размеров и

является связующим материалом между стружками, тем самым «залечивая» межстружечные пространства.

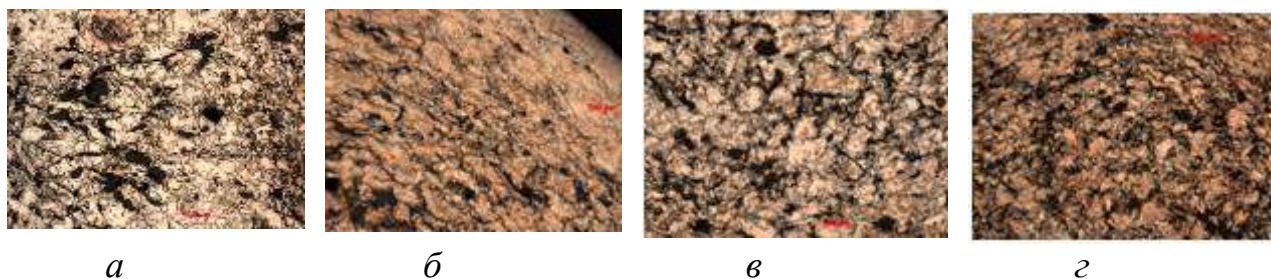


Рисунок 2. Микроструктура холоднодеформированной проволоки диаметрами: *а* - 5мм; *б* – 5мм; *в* – 3мм; *г*- 2ммх 160

Полученная проволока подвергалась механическим испытаниям на одноосное растяжение, среднее значение прочностных характеристик практически одинаковы:  $\sigma_B=430$  МПа,  $\sigma_{0,2}=415$  МПа,  $\delta=1\%$ .

В результате проведенных экспериментов показана возможность получения методом горячей экструзии прутков и проволоки различных диаметров из медной стружки с добавками графита. Выявили, что в стружковом материале оптимальное количество графита должно быть не более 1%. Такое количество графита обеспечивает оптимальную сплошную структуру и свойства, т.к при увеличении его содержания он скапливается на границах бывших стружек, не позволяя материалу выдавливаться в виде монолитного прутка.

При добавлении графита в медную стружку менее 1% при сдвиговых деформациях, сопровождающих горячую экструзию, графит играет роль «смазки», залегая между стружками меди, а большее его содержание сдерживает рекристаллизационные процессы, которые обеспечивают сплошность материала.

Для улучшения механических показателей полученной проволоки есть необходимость в предварительном отжиге после прессования.

#### Литература

1. Загиров Н.Н. Формирование структуры спеченного материала из сыпучей медной стружки / Н.Н. Загиров, В.С. Биронт, В.И. Аникина. –Изв. вузов. Цветная металлургия. – № 1, 2005. – С. 31 – 36.
2. Материаловедение. Формирование структуры нового класса стружковых материалов. Учеб. пособие / В.С Биронт, В.И. Аникина, Н.Н. Загиров – ГУЦМиЗ. – Красноярск, 2005 – 80 с.